


IX. Jahrgang. — April 1906. — Heft 10.

# Zeitschrift

für

# komprimierte und flüssige Gase

## sowie für die Pressluft-Industrie

([illegible] der „[illegible] für komprimierte und flüssige Gase" von Dr. M. Altschul.)

Unter Mitwirkung von

Ingenieur **C. Heinel**, Privatdozenten an der technischen Hochschule zu Berlin,
sowie von Autoritäten der betreffenden Spezialgebiete

herausgegeben von

**Dr. M. Altschul.**

WEIMAR

Verlag von Carl Steinert.

Monatlich erscheint ein Heft. — Preis halbjährlich Mark 8.

## Inhalt des [illegible] Heftes.







# Zeitschrift

für

# komprimierte und flüssige Gase

## sowie für die Pressluft-Industrie.

Unter Mitwirkung von Ingenieur **C. Heinel**, Privatdozenten a. d. techn. Hochschule zu Berlin, sowie von Autoritäten der behandelten Spezialgebiete

herausgegeben von

**Dr. M. Altschul**, Berlin W. Nachodstraße 11.

**Heft 10.** **April 1906.** **IX. Jahrgang.**

Die **„Zeitschrift für komprimierte und flüssige Gase sowie für die Pressluft-Industrie"** erscheint monatlich und kostet halbjährlich Mk. 8.—. Bestellungen nimmt die **Verlagsbuchhandlung von Carl Steinert in Weimar,** die Post sowie jede Buchhandlung entgegen. — Inserate werden für die 3gespaltene Petitzeile mit 40 Pfg. berechnet. Bei Wiederholungen tritt entsprechende Ermässigung ein.




## Die Entwickelung der Theorien und der Verfahrungsweisen bei der Herstellung der flüssigen Luft.

Von Professor **Raoul Pictet.**

(Fortsetzung.)

### V. Die Apparate und Verfahren von Hampson, Tripler, Ostergreen und Burger zur Herstellung flüssiger Luft. Flüssige Luft als Motor- und Kühlmittel.

#### Die Hampson-Maschine.

Fast im gleichen Moment, 1895, als v. Linde seinen sensationellen Eintritt mit seiner Maschine und Theorie in Szene setzte, ja sogar noch einige Monate früher präsentierte Hampson in London seine Maschine. In Wahrheit benutzte Hampson lediglich die Entspannung der atmosphärischen Luft wie Linde, nur arbeitete er anstatt mit einer doppelten Entspannung von 200 auf 20 Atmosphären und einer von 20 auf 1 Atmosphäre mit nur einer einzigen Entspannung von 150–200 Atmosphären auf eine Atmosphäre. Sein Austauscher war anders konstruiert; er bestand aus einem Bündel kleiner sehr dünner Windungen von geringem Durchmesser, die eine lange Schlange bildeten, welche in einem kleinen Gehäuse von zylindrischer Form steckte. Der ganze Apparat hatte ungefähr 25 cm Durchmesser und 50 cm Höhe, einschließlich der gegen die äußere Erwärmung schützenden Hüllen. Ein leicht regulierbares Entspannungsventil ließ die Luft am unteren Teile der Schlange entweichen. Die entspannte Luft floß nach oben, wobei sie die zahlreichen Windungen der Schlange des Austauschers umspülte. Hampson hat seinen Apparat dargestellt ohne sich auf die bei der Konstruktion befolgte und für das Funktionieren der Maschine maßgebende Theorie zu berufen. Der charakteristische Unterschied zwischen dem Hampsonschen Apparat und der Lindeschen Maschine ist die Schnelligkeit und Regelmäßigkeit ihres Funktionierens. Ich habe mehrere Apparate von Hampson zu meiner Verfügung gehabt. Ich ließ sie gewöhnlich bei 150 Atmosphären arbeiten. Ich verwendete 6–8 PS. für den Kompressor und habe stets ohne Ausnahme in Manchester, in Krakau, in London, in New York, in Paris mit der Maschine nach längstens 10 Minuten regelmäßiger Arbeit flüssige Luft gehabt. Mit der Lindeschen Maschine habe ich, nachdem sie geprüft, kontrolliert und in vollkommenen Zustand gesetzt war, niemals flüssige Luft früher als in 2–3 Stunden bekommen. Oft erhielt man selbst trotz stundenlangen Ganges nicht einen Tropfen. Die Hampsonsche Maschine gab regelmäßig 1–1½ Liter flüssige Luft per Stunde mit 6–8 PS. am Kompressor.

Da die Theorie der Hampson-Maschine genau dieselbe ist, als die der Linde-Maschine, so

brauchten wir sie hier nur zu wiederholen. Es ist unleugbar, daß Hampson den Laboratorien einen sehr großen Dienst erwiesen hat, indem er ihnen die bis zum heutigen Tage einfachste, zugleich die stärkste und sicherste Maschine gab, um sich in wenigen Minuten eine kleine Quantität flüssige Luft zu verschaffen. Es ist sehr zu bedauern, daß diese Maschine viele Jahre in der Öffentlichkeit unbekannt blieb. Man kennt sie auf dem Kontinent erst seit etwa 1902. Zwischen Hampson und v. Linde ist über die Konstruktion und die Ausbreitnng dieses ausgezeichneten Modells eine Übereinstimmung zu stande gekommen. Die Hampsonsche Maschine ist meines Wissens niemals in großen Dimensionen ausgeführt und zur Befriedigung industrieller Bedürfnisse angewendet worden.

### Maschine von Ostergreen & Burger.

Im Jahre 1898/99 sah ich zum ersten Male eine große Maschine zur Herstellung flüssiger Luft in New York. Professor Chanter von der Universität Columbia und einige andere wissenschaftliche Notablen von New York setzten mich mit einer großen amerikanischen Gesellschaft in Verbindung, deren Gegenstand die Erhaltung von Kraft und die Abkühlung mittels flüssiger Luft war. Diese Gesellschaft hatte eine große Werkstatt errichtet nnd ihre Prospekte verbreitet, worin sie versicherte, daß die Automobile durch die wunderbare Kraft der flüssigen Luft getrieben werden würden. Außerdem würde jedermann nur noch flüssige Luft benutzen, um die Nahrungsmittel abzukühlen. Fisch, Fleisch würde beliebig konserviert werden, Nahrungsmittel aller Art würden beim Transport anf weite Entfernungen zu konservieren sein, in der Wohnung würde man kalte Luft im Sommer haben können, ebenso in den Eisenbahnzügen, und all dies würde für das Publikum so leicht zu beschaffen sein, daß die flüssige Luft das Eis ersetzen würde. Es gab nur einen dunklen Punkt in diesem wunderbaren Programm. Die erfindungsreichen Ingenieure Ostergreen und Burger gelangten trotz einer Kraft von 300 PS. nicht dazu, flüssige Luft herzustellen. Man arbeitete ganze Tage lang und nichts floß, nicht ein Tropfen flüssige Luft wurde erhalten. Diese Herren und ihre Kapitalisten baten mich, ihren Apparat in Ordnung zu bringen, damit er eine laufende Fabrikation flüssiger Lutt ermögliche. Ich stellte gewisse Bedingungen, um ihren Vorschlag anzunehmen. Man kam überein: 1. Daß ich in allen Vorlesungen, die ich an Universitäten, in gelehrten Gesellschaften etc. halten würde, versichern würde, daß ich an dem Zweck der Gesellschaft durchaus keinen Anteil hätte und ihr Programm als vollständig unrealisierbar in formellster Weise mißbillige. 2. Als Entgelt für meine Arbeit könnte ich alle Versuche ausführen, die mir in meinem persönlichen Interesse passend erschienen, ohne irgend etwas für den Verbrauch der flüssigen Luft, die ich nötig haben würde, zu bezahlen, noch auch sonst eine kommerzielle Belastnng dafür zu tragen.

Nachdem der Vertrag einmal abgeschlossen war, entwarf ich einen Plan radikaler Umformungen der Apparate. Das System Ostergreen & Burger beruhte wie das v. Linde auf der Entspannung der Luft. Es war im Grunde nur ein ziemlich schamloses Nachmachen des Verfahrens, das wir soeben beschrieben haben. Der Austauscher bestand aus vertikalen spiralförmigen Wänden, die aus dünnen Röhren gebildet waren. Alle übereinander liegenden Röhren berührten sich. Die Röhren von gerader Zahl führten die Luft unter Druck zu, die von ungerader Zahl führten die entspannte Luft wieder zu den Kompressoren. Die letzte Entspannung von 20 Atmosphären auf atmosphärischen Druck geschah in einem Apparat mit Glocke und die nicht verflüssigten Gase gelangten nach außen, indem sie zwischen den vertikalen aus Spiralen gebildeten Scheidewänden zirkulierten. Als ich die Maschine beobachtete, sah ich, daß die wesentlichsten Ursachen ihres Nichtfunktionierens die verschiedenen Niederschläge waren, die sich auf dem Röhrensystem bildeten. Der Wasserdampf verwandelte sich schnell in Eis und nach einem Gange von 3–4 Stunden wurde die freie Zirkulation der Luft in dem ganzen Austauscher schwierig und dann bald ganz unmöglich. Ich ließ eine Hilfskältemaschine aufstellen, die Oberfläche vergrößern, eine Menge von Einzelheiten verbessern, die aufzuzählen hier zu groß wäre. Man befolgte aus Sparsamkeit meine Ratschläge nur zum Teil, indessen konnte man bei der Wiederaufnahme der Arbeit nach einem Still-

stand von $3^{1}/_{2}$ Monaten, um diese Umänderungen auszuführen, mit dem Andrehen wieder beginnen. Mit 300 PS. und doppelter Entspannung erhielten wir während 12 Stunden etwa 700–800 Liter flüssige Luft. Wir füllten damit Reservoire, die sehr gut mit Filz geschützt waren, und man kam dazu, Sendungen nach fast allen Universitäten von Nord-Amerika zu machen.

Dies ist die erste große Einrichtung in der Welt, welche fast 1000 Liter flüssiger Luft täglich dem Handel geliefert hat. Da die Theorie dieser Maschine dieselbe ist als die der Lindeschen, so geben diese Verfahrungsweisen überall ziemlich ähnliche Resultate, wenn die Maschinen in gutem Zustand sind. Wir werden also hier nur einige nebensächliche und besondere Einzelheiten bei diesen Installationen schildern.

### Die motorische Kraft durch flüssige Luft.

Die flüssige Luft kann durch einfache Erhöhung der Temperatur furchtbare Dampfspannungen erzeugen. Wie kann man diese zur Herstellung motorischer Kraft nutzbar machen? Einzig mit Entspannungsmotoren. Nun können notorisch die besten Motoren mit dreifacher Expansion ohne Kondensation im Maximum nur 40–45 kgm per Liter gasförmiger Luft leisten. Hierzu müssen sie noch vorzüglich konstruiert und mit möglichster Sorgfalt gefettet sein. 1000 Liter flüssige Luft, deren Dichte sehr nahe an eins ist, also 1 kg per Liter, können, einmal entspannt, verdampft, und auf Außentemperatur gebracht, nur 800 cbm Luft geben. Die Maximalarbeit, die man also bei dem gegenwärtigen Zustand der mechanischen Konstruktionen mit diesen 1000 Litern flüssiger Luft, wenn sie den stärksten nutzbaren Druck geben, erhalten kann, würde betragen 800 cbm $\times 45000$ kgm $= 36000000$ kgm.

Diese Arbeitsmenge ist sicherlich zu hoch gegriffen. Dividieren wir diese Arbeit durch 270000 kgm, welche eine Dampfpferdekraft stündlich liefert, so erhält man als Maximalarbeit (133 PS. per Stunde). Das ist die nutzbare Arbeit bei den besten Bedingungen in einem Motor der sorgfältigsten Konstruktion.

Um diese 1000 Liter flüssiger Luft zu erhalten, mußte man eine Maschine von 300 PS. während 15–16 Stunden ohne Aufenthalt laufen lassen. Der Ertrag ist kläglich. Er ist etwa 28 per 1000!

$$\frac{133}{16 \times 300} = 0.028.$$

Man konnte es übrigens vorhersehen und sogar zum voraus berechnen. Ein kalter Körper ist derjenige, dem man seine ganze Energie genommen hat. Die Wärmebewegungen sind bei ihm im Verhältnis der Temperaturerniedrigung verlangsamt. Die flüssige Luft ist ein kalter Körper par excellence. Sie befindet sich auf 78,5° absoluter Temperatur und besitzt nur noch ihre Krystallisationsfähigkeit, wenn man ihr noch mehr Wärme entzieht. Wenn man sie als Quelle motorischer Kraft benutzen will, so ist dies gerade so, als hätte man einen schweren Wagen zu ziehen, und der damit beauftragte Ingenieur beriefe zu dieser Arbeit die Lahmen, die Paralytiker, die von Arbeit ermüdeten und die Brustkranken. Man könnte auf diese Weise den Wagen ziehen, aber um den Preis welcher Schmerzen! Wenn man ein Automobil mit 1000 Litern flüssiger Luft füllt, so könnte man es laufen lassen im Verhältnis von 10 PS. per Stunde während 13 Stunden. Wir setzen dabei außerdem keinen Verlust der flüssigen Luft zufolge der umgebenden Wärme voraus. Der Preis der motorischen Kraft per Stunde würde für dieses Automobil etwa ℳ 15.— betragen ohne den Führer.

### Die Abkühlung durch flüssige Luft.

Die flüssige Luft besitzt eine latente Verdampfungswärme von 80–82 Kalorien. Sie ist also sehr nahe der latenten Schmelzwärme des Eises, 78,5 Kalorien. Es folgt daraus, daß man bei gleichem Gewicht von einem Kilogramm Eis oder ein Kilogramm flüssiger Luft denselben Effekt erhalten wird. Die im Anfang dieser Studie gegebenen thermodynamischen Formeln gestatten uns, sofort den theoretischen Unterschied in den Kosten dieser beiden nützlichen Körper festzustellen.

Um Eis zu fabrizieren, benutzen wir Maschinentemperaturen, welche etwa betragen:

— 10° in den Schlangen des Refrigerators,

+ 30° „ „ „ „ Kondensators.

Indem man diese Temperaturangaben durch ihren Wert in absolute Temperatur ersetzt, werden wir durch die Formel der aufzuwendenden Minimalarbeit den Ausdruck erhalten:

$$\text{Minimalarbeit} = 80^c \times \frac{(273 + 30) - (273 - 10)}{273 - 10} \times 425,$$

woraus man erhält:

$$\text{Minimalarbeit} = 5168 \text{ kgm.}$$

Eine Dampfpferdekraft gibt 52 kg Eis theoretisch. Wenn man für die flüssige Luft nur latente Wärme in Rechnung bringt, die ihr bei 78,5° absoluter Temperatur zu entziehen ist, so erhält man:

$$\text{Minimalarbeit} = 82^c \times \frac{303 - 78,5}{78,5} \times 425,$$

$$\text{also Minimalarbeit} = 99671 \text{ kgm.}$$

Eine Dampfpferdekraft kann unter diesen Bedingungen nur 2,7 kg flüssige Luft liefern, also 20 mal weniger an Gewicht als die für die abkühlende Wirkung gleichwertige Eismenge.

Diese Gründe sind durchaus schlüssig. Man begreift sehr wohl, daß vor solchen Argumenten, die mir seit langem geläufig waren, es mir unmöglich war, ernst zu bleiben angesichts eines Programms, das in seinen Grundlagen schon vor jeder Ausführung getroffen war.

## Erfahrungen mit industriellem Sauerstoff.

Im Herbst 1899 konnte ich persönlich die Frucht meiner Arbeit ernten, indem ich große Mengen flüssiger Luft zu meiner Verfügung hatte. Ich verwirklichte sofort einige schon lange erwartete Erscheinungen. Die wichtigsten davon sind folgende:

1. Ein Strom von Luft, die auf 2–2½ Atmosphären komprimiert ist und in einer Metallröhre flüssige Luft unter atmosphärischem Druck durchschreitet, kondensiert sich dort mit erstaunlicher Schnelligkeit und wird vollständig im Innern der in die flüssige Luft eingesenkten Schlange flüssig.

2. Die flüssige Luft verdampft, und eine Menge verflüssigter Luft bildet sich in der Schlange.

3. Die flüssige Luft, welche die Schlange umspült, verliert zuerst ihren Stickstoff, und entsendet dann immer sauerstoffreichere Gase.

4. Die Siedetemperatur der flüssigen Luft steigt damit regelmäßig von $-194,5°$ auf $-181°$, da ja die schließliche Flüssigkeit nur noch reiner Sauerstoff ist.

5. Wenn man ins Innere der Schlange einen Strom von Luft, die vorher auf etwa $-190°$ durch eine besondere Maschine abgekühlt ist, führt, und wenn man den Hahn öffnet, der das andere Ende der Schlange begrenzt, so daß die im Innern der Schlange verflüssigte Luft in das Reservoir fließt, welches diese Schlange enthält, so regeneriert man vollständig die gesamte flüssige Luft, die verdampft, und bewahrt ein konstantes Niveau flüssiger Luft im Reservoir.

6. Der innere Druck der Luft in der Schlange muß 2,3 Atmosphären im Maximum betragen, um eine vollständige und schnelle Verflüssigung der Luft zu erhalten, die man unter Druck in großen Mengen einführt.

Alle diese experimentellen Feststellungen bildeten die Grundlage meiner Patente, die bei meinem Patentanwalt schon seit meiner Ankunft in Amerika niedergelegt waren. Ich hatte schon seit 1895 und 96 auf der Ausstellung in Genf den Plan für einen Apparat verfaßt, mit welchem die kontinuierliche Destillation und Wiedergewinnung der flüssigen Luft ausgeführt werden sollte. Ich habe diese Ideen bei meiner Ankunft in Amerika niedergelegt, und es bot sich die Gelegenheit ganz von selbst, die theoretischen Grundlagen meines Verfahrens auf breiterer Stufenleiter zu verifizieren. Ich machte über alles dies dem Pariser Bankier, Herrn Gustave Pereire, Mitteilungen, da ich hoffte, auf der Pariser Ausstellung 1900 einen ersten Apparat ausstellen zu können, der industriellen Sauerstoff durch die einfache Destillation der atmosphärischen Luft gab und als erste Stoffe nur Kraft und Luft verbrauchte. Herr Pereire nahm zuerst meine Vorschläge günstig auf und entsandte Marineoffiziere und Ingenieure der transatlantischen Gesellschaft, um meinen Demonstrationen beizuwohnen. Ich hielt in den hauptsächlichsten Universitäten der Vereinigten Staaten eine Menge von Vorlesungen, wobei ich flüssige Luft mit mir führte und gläserne Apparate, die es gestatteten, in Projektionsbildern die Verflüssigung der Luft im Innern von in flüssige Luft getauchten Schlangen zu verfolgen. Bei diesen Reisen begleitete mich Herr Burger, einer der Erfinder der Gesellschaft, welche die Maschinen zur Erzeugung der flüssigen Luft besaß, als Assistent, um mir bei den Versuchen zu helfen, und bezeigte mir seinen besten Dank. Ohne jedes Mißtrauen ließ ich einen kleinen Apparat konstruieren, um

durch Destillation der flüssigen Luft Sauerstoff zu erhalten. Ich erhielt das bindende Anerbieten der Herren Ostergreen & Burger, diesen Apparat in ein Gefäß zu stellen, das verbunden werden sollte mit der Luftverflüssigungsmaschine. Als diese Herren mich operieren sahen und meine Vorträge hörten, gaben sie sich bald Rechenschaft von der Hohlheit ihres kommerziellen Programmes, denn treu meinem Versprechen wiederholte ich überall die durchsichtigen Gründe, welche ähnliche Projekte zum Scheitern brachten. Gegen Mai 1900, in dem Augenblick, als mein Apparat funktionieren sollte, als alles bereit war, das Röhrensystem fertig, der Gasmotor verbunden etc., etc., ließ mich eine plötzliche Frontveränderung ein für alle Mal die menschliche Schlechtigkeit erkennen:

Eines schönen Morgens komme ich zur Fabrik und finde dort einen Wächter, der mir offiziell ankündigt, daß die Herren Ostergreen & Burger fänden, mein Sauerstoffapparat könnte irgend eine Feuersgefahr darbieten, und daß sie mir deshalb den Eintritt zur Fabrik verschlössen!!!! Sie fügten hinzu, daß sie schon Patente niedergelegt hätten, um den Sauerstoff durch die Destillation der flüssigen Luft zu erhalten, und daß ich nur ein Nachahmer wäre (sic!).

Ich hinterließ einem guten Advokaten Vollmachten und schiffte mich sofort nach Paris ein, um alle diese Tatsachen Herrn Pereire mitzuteilen. Dieser letztere, der mich in allen diesen Arbeiten hochherzig unterstützt hatte, fragte Pariser Physiker um Rat. Man gab ihm über mein System beklagenswerte oder doch zum mindesten ungenügende Auskunft darüber, daß er etwa mit meiner Sache, die er seit 9 Monaten in Händen hatte, sich weiter abgeben wollte.

Mein vorzüglicher Freund, der Baron Carlos de Watterville, setzte mich in Beziehungen mit Engländern in Manchester und verband sich in sehr rührender und uninteressierter Weise mit der Entwicklung dieser neuen Verfahren. Aber ich erhielt von meinem Advokaten die Nachricht, daß die famosen Herren Ostergreen & Burger ihre Forderung gegen mich vor Gericht gebracht hatten. Ich schiffte mich im Oktober 1900 wieder nach Amerika ein, und der Kampf vor den Richtern begann. Es gelang mir ohne Mühe, alle Tatsachen in dieser Angelegenheit zu beweisen, trotz des Eides von Burger, welcher durch ein Manöver sein Patent umzudatieren versuchte. Die Richter gaben mir vollständig recht und garantierten mir die Patente auf das Prinzip und die Patente auf den Apparat, um Sauerstoff durch Destillation von flüssiger Luft unter schwachem Druck und zwar in kontinuierlicher Weise zu erhalten.

Um ihre Angriffe zu verstärken, war es meinen Gegnern gelungen, an dem Kampfe die offiziellen Vertreter der Patente Linde, Hampson, Tripler, Dewar teilnehmen zu lassen. Eine allgemeine Koalition, errichtet mit Schilden aller Art, wurde durch einen Spruch des Gerichtes vernichtet, welcher meine Patente bestätigte und sie offiziell publizierte.

Diese Epopë bot für die Zukunft der flüssigen Luft einiges Interesse dar, sie setzte meinen Beziehungen mit diesen einzelnen Persönlichkeiten, welche sicher als bankrott erklärt waren, ein Ziel.

In derselben Zeit wie Ostergreen & Burger, sah man auch in New York einen gewissen Tripler seinen Apparat für flüssige Luft anpreisen. Dieser hatte rein einfach Linde kopiert! Es war frappant, alles, die Theorie, der Apparat, die Reklame, nichts fehlte zu einer Nachahmung ersten Ranges. Jeder Mann konnte in Paris im Jahre 1900 auf den Galerien des Marsfeldes die Apparate von Linde an der einen Seite und die von Tripler ein wenig weiter funktionieren sehen. Wir hätten kein Bedürfnis uns bei dieser Nachahmung länger aufzuhalten, wenn wir nicht in der Reklame Triplers noch einen weiteren Artikel über die innere Arbeit der Gase hinzuzufügen fänden. In dem Apparat von Tripler ließ er diese innere Arbeit in ganz geringem Maße beginnen. Diese Arbeit vermehrte sich von selbst, und er erhielt das unerhörte Resultat, daß die flüssige Luft ganz von selbst produziert wurde!

Die amerikanische Reklame ist oft recht amusant!

Herr v. Linde hat seinen Prozeß gegen Tripler in Amerika gewonnen.

In Amerika sprach man um 1900 auch von dem System des Professors Dewar aus London, sowohl um flüssige Luft herzustellen, als um

industriellen Sauerstoff zu erhalten. Es ist uns unmöglich gewesen, irgend eine industrielle Anwendung dieser Verfahren zu finden.

Wir haben kurz alle Arbeiten Revue passieren lassen, die irgend einen Wert oder Interesse bei der Frage der Verfahren und der Apparate für die Fabrikation und die Anwendung der flüssigen Luft von 1854—99 haben. Wenn man von dieser Zeit weiter schreitet, wird die Frage brennend, denn der industrielle Sauerstoff ist auf die Bühne getreten. Die Fabrikation der flüssigen Luft und ihre Anwendung, um Sauerstoff für alle industriellen Zwecke zu erhalten, wird eine Frage von allergrößter Wichtigkeit. Wir wollen die augenblickliche Lage dieses großen Problems unserer Zeit darlegen.

**VI. Die flüssige Luft und der industrielle Sauerstoff von 1900—1905.**

Gegen Herbst des Jahres 1900 gründete ein Konsortium von Geschäftsleuten in Manchester das Pictet-Syndikat, das sich damit beschäftigte, alle Anwendungen und Versuche anzustellen, die notwendig sind, um die Aufgabe, Sauerstoff von beliebigem Grade der Reinheit durch einfache Destillation flüssiger Luft zu erhalten, durchzuführen. Das Pictet-Syndikat war Eigentümer der Patente in der ganzen Welt. Der für die Versuche ausgewählte Platz war eine Halle der Fabrik Galloway bei Hartwig zu Manchester. Das Inauftraggeben der Maschinen, die Lieferung der Maschinen, die ersten Versuche, die Modifikation an den ursprünglichen Projekten, die mit allen industriellen Unternehmungen zusammenhängenden Finanzfragen absorbierten eine geraume Zeit. Wir wollen hier nur die wichtigen technischen Veränderungen anführen, welche den Organismus der anfangs für notwendig gehaltenen mechanischen Mittel vereinfacht haben. In den ursprünglichen Plänen war die Sauerstofffabrik zusammengesetzt aus:

1. Einer motorischen Kraft, von der ein Teil durch eine Transmission geliefert wurde, die von einer mächtigen Dampfmaschine abhing, welche alle Werkzeugmaschinen eines Komplexes von Baulichkeiten der Werkstätte Galloway & Co. trieb. Eine Dampfmaschine von 80 PS. trieb direkt in der Halle selbst die notwendigen Kompressoren.

2. Einen ersten Zyklus, der aus Luftpumpen und einem großen Kompressor bestand, dazu bestimmt alle Apparate und die komprimierte Luft auf eine Temperatur von etwa —80° abzukühlen.

3. Aus einem zweiten Zyklus, der aus einer Luftpumpe und einem Kompressor bestand, dazu bestimmt das Stickstoffoxidul oder das Äthylen zu verflüssigen und die Temperatur des Luftverflüssigers auf etwa —140° abzukühlen.

4. Aus drei Luftkompressoren, welche gestatteten, atmosphärische Luft bis auf 80 Atmosphären zu komprimieren, um sie zur Verflüssigung zu bringen.

5. Aus verschiedenen Apparaten zur Verflüssigung und Destillation der atmosphärischen Luft.

6. Aus Gasometern von 60 cbm Inhalt.

Eine erste Reihe von besonders schwierigen und langwierigen Versuchen angesichts der unaufhörlich vermehrten Anzahl unvorhergesehener Zwischenfälle, wie das Brechen von Transmissionen, das Heißlaufen von Lagern, das Leerlaufen von Scheiben, das Zerbrechen der Kuppelung etc. etc. lies uns eine Vereinfachung in der Zahl der gleichzeitig zur Erhaltung der Verflüssigungsphänomene der Luft in Tätigkeit befindlichen Maschinen verlangen. Wir haben nach einigen Versuchen den zweiten Zyklus vollständig unterdrücken können. Diese Unterdrückung wurde mit Freude begrüßt, denn sie vereinfachte das gesamte Material ganz ausserordentlich und brachte die großen Schwierigkeiten der Zubereitung des Äthylens mit unreinem Alkohol zum Verschwinden.

Im Monat Juni des Jahres 1901 veranstaltete ich auf unserer Installation in Manschester eine Demonstration für die Zivilingenieure Frankreichs. Ich sezte das neue Prinzip der Wiedergewinnung der flüssigen Luft unter schwachem Druck in Destillationsapparaten auseinander, und die Möglichkeit auf diese Weise Stickstoff und Sauerstoff bei verschiedenen Graden der Reinheit abzuziehen. Wir machten über diese Sitzung Mitteilung in einem Exposé, worin die Reihe der physikalischen Erscheinungen im Innern der Apparate auseinander gesetzt wurde

Citat:

Professor d'Arçonval hatte die Liebenswürdigkeit, mir einen Liter flüssiger Luft mit der Linde-Maschine, die er besitzt, herzustellen. Er stand mir in gleicher Weise bei den folgenden Sitzuugen zu experimentellen Vorführungen bei.

Während des Jahres 1902 empfing ich in Manchester den Besuch des Herrn Claude, von dem wir noch zu sprechen haben werden. Herr Claude stellte sich uns mit einem Einführungsschreiben von Professor d'Arçonval vor, der uns bat, seinem Schützling jede mögliche Information zu geben. Erfüllt von Dankbarkeit für die guten Dienste des Herrn d'Arçonval ließen wir Herrn Claude die beste Aufnahme zukommen, und er konnte die gesamte Installation der Sauerstofffabrik bis in alle Einzelheiten in der Zeit, die ihrer Inbetriebsetzung unmittelbar vorherging, besichtigen.

Herr Dr. Dreyfuß, ein Mitglied des Pictet-Syndikats bat uns, mit Vertrauen einen Herrn Helbrönner aufzunehmen, einen Beamten von ihm, einen Chemiker. Er wurde mein Assistent und verfolgte alle Apparate von 1902—1903. Ich probierte in diesen zahlreichen Versuchen die verschiedenen Apparate, welche wir in allen Ländern patentiert hatten, und trug die experimentellen Daten zusammen, die notwendig waren, um große Fabriken errichten zu können, die alle Bedingungen der Beobachtungsjournale, die für diese neue Industrie erforderlich waren, erfüllten.

Gegen Ende des Jahres 1902 erfuhren wir, daß Herr Claude in Paris eine Gesellschaft organisierte, um Sauerstoff durch die Destillation der atmosphärischen Luft zu bereiten. Mein Assistent Helbrönner verlies uns, nachdem er heimlich, ohne uns zu benachrichtigen, ein Patent zur Vervollkommnung bei der Herstellung von Sauerstoff durch Destillation und Rektifikation der flüssigen Luft genommen hatte. Schließlich war Helbrönner in den Dienst des Herrn Claude in Paris getreten. Wir wissen noch nicht, ob Professor d'Arçonval über alle diese Vorgänge unterrichtet ist.

Das Pictet-Syndikat, das sich kürzlich in Pictet Trustees Limited verwandelt hat, hat seine Rechte einer Gesellschaft zur Ausbeutung der Patente in Deutschland übertragen. Die Berliner Installation ist in Arbeit, und ich habe soeben einen neuen Apparat in Betrieb setzen lassen, der uns bei der Erhaltung flüssiger Luft vollständig Genüge leistet. Mit der Beschreibung dieses Apparates wollen wir diese Skizze beendigen.

**VII. Ein neuer Motor mit adibatischer Entspannung zur Herstellung der flüssigen Luft.**

Wie man sich durch die ersten Arbeiten, die wir in dieser allgemeinen Revue analysiert haben, überzeugen konnte, hatten Siemens und Solvay in einem Zwischenraum von 30 Jahren die Idee und den Wunsch, flüssige Luft durch die adiabatische Entspannung der komprimierten Luft zu erhalten. Das hervorragende Prinzip dieser Methode wurde beschränkt durch außerordentliche Schwierigkeiten bei der praktischen Ausführung. Die Motoren funktionierten nicht. Sie wurden sämtlich in ihrem Gange aufgehalten, sobald die Temperatur die Grenze von —110° bis —130° überschritt. Indem ich fast 4 Jahre hindurch eine grosse Menge von Beobachtungen aller Art über die tiefen Temperaturen und ihre Wirkung auf die verschiedenen Körper erhielt, ist es mir geglückt, ein Programm unerläßlicher Bedingungen für die leitenden Prinzipien der Konstruktion eines neuen Motors zu schaffen, der normaler Weise alle Wünsche des Programms erfüllt.

Der neue Motor muß folgende Bedingungen darstellen:

1. Jede Fettung muß unterdrückt werden.
2. Die Kohlensäure, die sich in der Luft befindet, darf sich niemals im Innern des Motors niederschlagen.
3. Der Kolben muß vollkommen dicht sein.
4. Die Reibung muß sehr gering bleiben.
5. Die Entspannung muß beliebig veränderlich seiu.
6. Die beweglichen Teile des Motors, Pleuelstangen, Regulierung der Entspannung etc. müssen sich außerhalb befinden uud dürfen nicht an den tiefen Temperaturen teilnehmen.

Wir haben die große Freude gehabt, eine vollkommene Lösung für alle diese Forderungen zu finden. Der Motor funktioniert gegenwärtig bei —194,5° wie ein Dampfmotor, mit derselben Leichtigkeit, derselben Regelmäßigkeit und außerordentlicher Bequemlichkeit Es ist über-

flüssig hinzuzufügen, daß mit diesem Motor der erste Teil des Programms für industrielleu Sauerstoff endgültig und vollständig gelöst ist.

In folgender Weise haben wir diesen Motor konstruiert:

Um jede Komplikation im Mechanismus zu vermeiden haben wir den Motor als einen einfach wirkenden hergestellt. Der Auspuff ist automatisch; wenn der Kolben am Ende des Hubes ankommt, wird eine Reihe von Öffnungen frei, die in der Wand des Zylinders angebracht sind, die Gase entweichen von selbst, und der Kolben geht frei zurück. Die Zuführung wird durch ein einfaches Ventil aus Stahl erhalten, das sich nur um 4 mm über seinen Sitz erhebt. Die Zuführung der Luft geschieht durch Regulierung der Lenkstangen der Hebel, welche auf das Ventil wirken. Man kann nach Belieben eine Füllung von $^1/_{15}$, $^1/_{10}$, $^1/_5$ und allen Zwischenstufen ohne Ausnahme herstellen. Der Kolben besteht aus einem Gußblock, der mit drei Gußsegmenten armiert ist, die nicht sehr gespanut aber sehr sorgfältig angepaßt sind.

Die Unterdrückung der störenden Wirkung der Kohlensäure ist durch eine überaus einfache Anordnung in radikaler Weise erhalten. Wir bedienen uns immer derselben Menge Luft, die in einem geschlossenen Zyklus eingeschlossen ist, um die flüssige Luft zu erhalten. Es ist also beständig dieselbe Luft, die sich verflüssigt und wieder verdampft, sie kann also nicht neue Mengen Kohlensäure herbei bringen, da diese sicb nicht erneuert.

Für die Schmierung haben wir der Achse des Zylinders in Bezug auf die Horizontale eine gewisse Neigung von etwa 25° gegeben; am oberen Ende des Zylinders befinden sich die Öffnungen, durch welche die Luft entweicht. Da der Druck der in den Zylinder eintretenden Luft 60—70 Atmosphären beträgt, und die Füllung von $^1/_{15}$ bis etwa $^1/_{10}$ variert, so sieht man, daß die Gase bei einem Druck von 4 bis 5 Atmosphären in die Umhüllung, die den Zylinder einschließt und die Luft zum Austauscher führt, entweichen. Diese Gase reißen den größten Teil der verflüssigten Teilchen mit sich, aber ein starker feuchter Dampf schlägt sich auf allen Wänden des Zylinders nieder und benetzt die äussere Oberfläche des Zylinders. Der Kolben gleitet beim Zurückkehren über die durch die Kapilarität zurückgehaltene Flüssigkeit, die flüssige Luft wird sich teilweise wieder verdampfen und unterhält eine sehr schlüpfrige Schicht flüssiger Luft zwischen dem Kolben und den Wänden des Zylinders. Die Reibung ist also so gering wie bei den besten Dampfmaschinen. Der gesamte mechanische Teil des Motors befindet sich innerhalb der tiefen Temperaturen. Der Zylinder ist fast einen Meter ab von dem Ende der parallelen Stangen. Mit Ölerwärmte Stopfbüchsenschützen die Kolbenstangen vor jedem Niederschlagen von Reif.

## Zur Geschichte der Verflüssigung der Gase.

(Fortsetzung.)

In der Entgegnung des Herrn Raoul Pictet (diese Zeitschrift, Dezemberheft 1905, S. 95) befinden sich Behauptungen, welche mit den mir genau bekannten Tatsachen, wie auch mit der Erzählung Wróblewskis in völligem Widerspruche stehen. — Da sich Herr Pictet dabei auf das Zeugnis des Prof. Hagenbach beruft, mit welchem Wróblewski im Jahre 1882 mehrmals in seinem Hause gewesen sein sollte, so habe ich mir erlaubt, Herrn Prof. Hagenbach-Bischoff um nähere diesbezügliche Angaben zu bitten. In seinem Briefe vom 26. März l. J. hat mir Herr Prof. Hagenbach folgendes über seine Bekanntschaft mit Wróblewski mitzuteilen die Güte gehabt: „Die Bekanntschaft des Herrn Wróblewski machte ich hauptsächlich auf den Versammlungen der deutschen Naturforscher-Gesellschaft. Er besuchte mich, wenn ich nicht irre, im Jahre 1883 in Basel und erzählte mir einiges über seine interessanten Versuche, von denen ich auch durch seine Publikationen erfahren habe. Er reiste von mir nach Genf, und ich gab ihm eine Empfehlung an Raoul Pictet mit. Mit Wróblewski war ich, soweit ich mir erinnere, niemals zusammen im Hause von Raoul Pictet. — Ich habe nun noch im Fremdenbuche der physikalischen Anstalt in Bernoullianum nachgesehen, und da

hat sich Wróblewski eigenhändig am 4. Sept. 1883 eingetragen; es stimmt das vollkommen mit meiner Erinnerung. So viel ich weiß, ist Wróblewski direkt von hier zu Pictet in Genf gereist, und muß also am 5. Sept. bei Pictet gewesen sein."

Diese Mitteilung des Prof. Hagenbach und namentlich der Umstand, daß er Wróbleswki im Sept. 1883 eine Empfehlung an Raoul Pictet gegeben hat, stimmt sehr gut mit dem, was mir Wroblewski im Oktober 1883 erzählte: daß er während der verflossenen Sommerferien Raoul Pictet in Genf besuchte, daß er dabei persönliche Bekanntschaft mit ihm machte und seinen Apparat zum ersten Male gesehen hat, von welchem er auch die Meinung äußerte, daß dieser Apparat wegen mangelhafter Wärmeisolierung nicht zu positiven Resultaten führen konnte. — Während meiner Mitarbeiterschaft mit Wróblewski bis Juli 1883 kamen keine von Pictet entworfenen Pläne für irgendwelche Apparate in Anwendung, und die österreichische Regierung hat weder im Jahre 1882, noch im Jahre 1883 Wróblewski irgendeine Summe für weitere Führung seiner Gasverflüchtigungsversuche bewilligt, da er sich bis 1883 mit der Verflüssigung der Gase gar nicht beschäftigte. Während seines Aufenthaltes in Paris 1882 arbeitete Wróblewski über Kohlensäurehydrat, wobei er sich außer des schmelzenden Eises keiner anderen Kältemittel bediente. Während meiner Mitarbeiterschaft mit Wróblewski waren übrigens keine teueren Apparate verwendet und die ganze sehr bescheidene Einrichtung erinnerte nicht entfernt an die kostspielige fabrikmäßige Einrichtung Pictets. Ein alter, vor zehn Jahren angeschaffter Nattererscher Kompressor, eine alte Luftpumpe für Handbetrieb, ein Gasometer aus Zinkblech zum Aufsammeln des Äthylens und ein von Wróblewski in Paris für 600 fr. gekaufter und aus der gewöhnlichen Dodation des physikalischen Instituts bezahlter Cailletetscher Apparat, das waren die von uns benutzten Apparate. — Das Kühlgefäß zum Kühlen des flüssigen Äthylens mittels fester $CO_2$ und Äther, sowie das Gefäß zum Aufsammeln und Evakuieren des flüssigen Äthylens waren von mir konstruiert und auch eigenhändig hergestellt. — Von der Richtigkeit des oben Gesagten kann man sich überzeugen aus einer Berichtigung des im Jahre 1888 verstorbenen Dr. Czyrnianski, Professor der Chemie an der hiesigen Universität, welche er in dem Krakauer Tageblatte „Nowa Reforma" vom 13. Mai 1885 publizierte. Unter anderem äußert sich Prof. Czyrnianski in dieser Berichtigung folgendermaßen: „Als Augenzeuge der Entstehung der wissenschaftlichen Mitarbeiterschaft der Professoren Olszewski und Wróblewski, kann ich es im Interesse der Wahrheit und Gerechtigkeit bestätigen, daß das erste Projekt der Anwendung des flüssigen, im Vakuum siedenden Äthylens behufs Verflüssigung des Sauerstoffs von Prof. Olszewski gegeben wurde. — Prof. Olszewski verfertigte auch einen Apparat eigener Konstruktion zur Darstellung größerer Menge flüssigen Äthylens unter gewöhnlichem Atmosphärendrucke, unter Anwendung fester Kohlensäure als Kältemittel, wie auch den Apparat, welcher das flüssige Äthylen im Vakuum sieden zu lassen erlaubte. Die ersten Versuche mit diesem Apparate wurden in meinem chemischen Laboratorium ausgeführt unter Anwendung des festen $CO_2$; sie gaben gute Erfolge und munterten die beiden Forscher auf zu den schwierigen und mühsamen Versuchen, welche mit so bedeutenden Resultaten gekrönt wurden."

Andere irrtümliche Angaben, die im Aufsatze des Herrn Prof. Pictet enthalten sind, wie z. B. daß die Art der Einrichtung des Kryogenischen Laboratoriums in Leyden von Prof. Kamerlingh-Onnes im Jahre 1891—1892 durch den Besuch seitens des (seit 3—4 Jahren bereits verstorbenen) Prof. Wróblewski bestimmt wurde,[1]) oder daß ein „junger" (4 Jahre älter als Prof. Pictet, und zu jener Zeit 48jähriger) Professor in Oxford (?), Dr. Dewar, seine Untersuchungen über Gasverflüssigung erst 1890 begann, werde ich nicht näher besprechen und überlasse dieses den daran interessierten Personen. —

Krakau, am 8. April 1906.

Prof. K. Olszewski.

[1]) Prof. Kamerlingh-Onnes hat mir auf meine Anfrage freundlichst mitgeteilt, daß er Wróblewski garnicht persönlich kannte, und auch mit demselben niemals in Korrespondenz war.

## Neuere Sandstrahlgebläse.

(Fortsetzung und Schluß.)

Die Firma Julius Fahdt in Dresden konstruierte ein Saugsandstrahlgebläse, von dem Prinzip ausgehend, den Putzsand einen möglichst kleinen Weg nehmen zu lassen. Der Gesamtweg des Putzsandes beträgt nur 1 m. Die Preßluft steht unter einem Drucke von 1,4 Atm. Die Erzeugung derselben geschieht vermittelst von Luftkompressoren. Bei diesem Gebläse können die Gegenstände sowohl vermittelst der Rotationstrommel als auch vermittelst des Freistrahls gereinigt werden. Die Rotationstrommel dient zum Reinigen kleinerer Gußstücke. Der Arbeitssand wird nach seiner Verwenduug von einem unterhalb der Trommel angebrachten Behälter aufgefangen. Außerdem besitzen diese Maschinen eine einfache Vorrichtung zur Trennung des abgeblasenen Formsandes und des Blassandes.

Das Reinigen großer Gußstücke, die in der Trommel nicht untergebracht werden können, erfolgt durch Freistrahl. Die Arbeitsstücke werden auf eine Drehplatte gelegt, die nach Bedarf vom Arbeiter während des Putzprozesses mit dem Fuß gedreht werden kann.

Das Gebläse dient zum Putzen von gedrückten, gepreßten und gestanzten Metallstücken aus Grau- oder Rotguß.

Dieselbe Firma führt auch Sandstrahlgebläse mit Rotationstisch aus, bei welchen die Arbeitsstücke vom Arbeiter von außen auf den Rotationstisch aufgelegt werden. Nachdem sie den Sandstrahl passiert, werden sie gewendet und nach abermaligem Passieren des Strahls abgenommen. Der gebrauchte Putzsand wird selbsttätig gesiebt und dann wieder verwendet. Ein Exhaustor besorgt die Absaugung des Putzsandes sowie des abgeblasenen Formsandes. Den Strahl führen sogen. gleitende Düsen, deren Anordnuug darauf hinzielt, die Gegenstände vom Rande bis zur Mitte des Tisches einer möglichst gleichmäßigen Bearbeitung zu unterziehen. Um eine möglichst große Ausnutzung des Strahls zu erreichen, müssen die Arbeitsstücke recht dicht aneinander liegen. Auch mit diesem Apparat ist ein Freistrahl zum Abblasen großer Gußstücke, die auf dem Tische keinen Platz finden in Verbindung. Die Wirkung des Freistrahls erstreckt sich bis zu 80 m, so daß leichte Zugänglichkeit auch zu entfernteren Gußstücken ermöglicht ist.

Bei den von genannter Firma zum Mattieren von Metallknöpfen, Steinnußknöpfen, Bijouteriewaren, Steinknöpfen, Gold- und Silberwaren etc. gebauten Sandblasmaschinen trifft der eintretende Sandstrahl von oben auf das Arbeitsstück auf, dessen Bearbeitung von der bedienenden Person von außen leicht durch ein Fenster verfolgt werden kann.

Die Nachteile des Saugsandstrahlgebläses gegenüber den Druckgebläsen haben wir bereits früher kennen gelernt. Bei den letzteren findet die Preßluft den Sand unter Pressung bereits vor, braucht also die ihr vermöge der Geschwindigkeit innewohnende Energie nur mehr zur Beschleunigung aufzuwenden. Daß von diesen Gebläsetypen in derselben Zeit und unter denselben Verhältnissen eine größere Leistung zu erzielen ist, liegt auf der Hand, ebenso leuchtet es ein, daß die Wucht des Sandstrahles in diesem Falle eine größere ist wie bei den Sauggebläsen, zumal hier als Arbeitsdruck eine Spannung von 0,6 bis 1,5 Atm. verwendet wird.

Infolge der stärkeren Wirkung dürfte dieses Gebläse zur Bearbeitung mancher Materialien weniger vorteilhaft anzuwenden sein, wie die bereits beschriebenen, die mit geringerem Drucke arbeiten. Hauptsächlich in der Glasindustrie ist dies der Fall, besonders wenn es sich um die Erzeugung eines zarten Matt handelt.

Um so besser eignet es sich aber zur Reinigung von Gußstücken, von Häuserfronten, Eisenkonstruktionen und überhaupt von Gegenständen, die eines kräftigen Sandstrahles bedürfen. In all diesen Fällen findet auch das Drucksandstrahlgebläse eine ausgedehnte Verbreitung.

Der Bau von Drucksandstrahlgebläsen fällt in die neueste Zeit. Bahnbrechend wirkten in dieser Richtung Mathewson und Gutmann. Fast gleichzeitig wurden diese Gebläse von ersterem

in England, von der letztgenannten Firma in Deutschland eingeführt.

Infolge der höheren Pressung, die hier in Frage kommt, dienen Kompressoren ausschließlich als Erzeuger der Preßluft.

Als Ventilklappen verwendeten sowohl Mathewson wie Gutmann (Fig. 12) folgende Konstruktion, die sich gut bewährt hat. Der Ventilsitz ist aus Hartguß. Die Durchstromöffnungen von 10, 16, bis 22 mm werden bedeckt von einer Lederklappe, die sich an einen federnden Ring anlegt. Die Federung wird dadurch erzielt, daß man dem aus einem Stück gearbeiteten Ring kreisförmige Ausschnitte gegeben und die massiven Teile etagenförmig übereinander angeordnet hat. Das durchschnittl. Luftquantum der Austrittsöffnungen beträgt bei einer Pressung von 1,0 bis 1,5 Atm. ungefähr 3 bis 6 cbm Luft/Min.

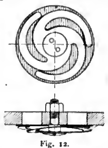


Fig. 12.

Die Wirkungsweisen der von Mathewson und Gutmann ausgeführten Konstruktionen sind verschieden. Man hat auch hier zu unterscheiden zwischen kontinuierlich und unterbrochen arbeitenden Gebläsen, je nachdem der Arbeitsprozeß zur Füllung des Sandreservoirs unterbrochen werden soll oder nicht. Die Absaugung des Staubes erfolgt auch hier, wie in den früheren Fällen in der Regel mittelst Luftexhaustoren. Der Arbeitssand wird auf verschiedene Weise zur Wiederverwendung gewonnen. Mathewson benutzt, ähnlich wie bei Sauggebläsen die Saugwirkung der Preßluft dazu, um den Sand in das Sandreservoir zurückzubringen, Gutmann ordnet seine Konstruktion so an, daß er sein Gebläse unterhalb des Arbeitsraumes anbringt und so den Sand sammelt, oder er läßt auch mittels eines besonderen Elevators diese Arbeit besorgen.

Ein unterbrochen arbeitendes Gebläse zeigt die in Fig. 13 dargestellte Konstruktion von Mathewson. Sie besteht aus einem zylindrischen Blechgefäße, an dessen einer Seite ein Dreiweghahn angeorduet ist. Im unteren Teile des Gefäßes befindet sich ein zylindrischer Behälter mit trichterförmigem Bodenabschluß T, der mit Sand gefüllt ist. An den Boden schließt sich ein Rohr R an. Vermittelst eines

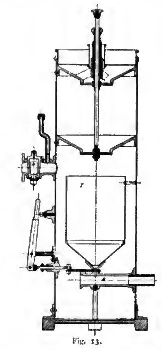


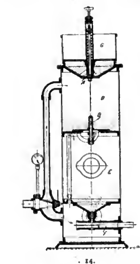
Fig. 13.

von außen gehandhabten Hebels läßt sich ein zwischen dem Trichter und dem Rohr befindlicher Schieber hin und her bewegen, und damit eine Verbindung zwischen den beiden Räumen herstellen oder aufheben. Die Preßluftzufuhr geschieht mittels des Dreiweghahnes H, durch den zwei verschiedene Verbindungen hergestellt werden können. Ist der Trichter T mit Sand gefüllt, dann wird der Hahn so eingestellt, daß Preßluft in den unteren Teil des Gefäßes eintritt, somit den Sand in T unter Druck bringt und außerdem einen Weg durch das Rohr R nimmt. Die Kommunikation zwischen

dem Sandbehältern und dem Rohr R ist hergestellt, der Sand aus T strömt infolge der Luftpressung nach, durch die schmale Öffnung hindurch, und vereinigt sich mit dem Luftstrom in R. Der Sand-Luftstrahl nimmt seinen Weg durch R und gelangt zur Verwendung. Ist das Sandgefäß T geleert, so muß der Prozeß unterbrochen und eine neue Sandfüllung vorgenommen werden. Zu dem Zweck schaltet man den Dreiweghahn um. Dadurch wird der untere Teil des Gehäuses, in welchem sich T befindet, mit der Atmosphäre in Verbindung gesetzt und jetzt kann die Sandfüllung nach Öffnung der Abschlußklappe vom oberen Raum her erfolgen. — Die Nachfüllung des oberen Raumes geschieht durch Aufschütten des Sandes auf ein Reinigungssieb und Öffnen der oberen Abschlußklappe. Die Auf- und Abwärtsbewegung der beiden Klappen erfolgt durch Verdrehung zweier Handgriffe und der zugehörigen Gewindegänge, welche in die Klappen eingreifen.

Bei dieser Konstruktion ist man gezwungen, während des Sandnachfüllens das Gebläse außer Tätigkeit zu setzen. Dieser Mangel ist bei dem kontinuierlich arbeitenden Gebläse von Gutmann (Fig. 14) vermieden.

Auch diese Konstruktion besteht ähnlich der vorhergehenden aus drei abgesonderten Räumen G, D und E. Der Raum E steht beständig unter dem Drucke der Preßluft. Ein Vierweghahn stellt folgende Verbindungen her: Einmal strömt Preßluft in den Raum D ein und setzt den darin befindlichen Sand unter Druck. Gleichzeitig dringt sie in die unterste Kammer ein und von hier in das Rohr F und außerdem durch ein vertikales Rohr aufwärts in den Raum E. Der mit Sand gefüllte Teil D und der Teil E sind also demselben Druck ausgesetzt. Vermöge des Sandgewichtes in D öffnet sich die Verschlußklappe B und der Sand fällt in den trichterförmigen Boden von E, der in Kommunikation mit dem Rohr F steht, herab. Der Sand strömt durch die kleine verbindende Öffnung hindurch, vereinigt sich mit dem Luftstrom im Rohre F und wird dann seiner Bestimmung entgegen geführt. Ist der Raum D vollständig entleert, so wird der Vierweghahn umgedreht. Dadurch wird der Außenluft der Eintritt in D gestattet, sodaß also D unter dem Druck der Atmosphäre steht. Da auch G unter demselben Drucke steht, so strömt der darin befindliche Sand infolge des Eigengewichtes in den Raum D. Ein Öffnen der Klappe B kann nicht eintreten, weil der Druck in E stets derselbe bleibt. Ist E entleert, so wiederholt sich der beschriebene Vorgang. Selbstverständlich



. 14.

kann der Vierweghahn nach Bedarf durch mechanische Vorrichtungen seine entsprechende Drehung erhalten.

Etwaige Betriebsstörungen lassen sich durch zweckmäßig angeordnete Handlöcher beseitigen. Die Erneuerung der Sandfüllung hat in Zwischenräumen von ungefähr 15 Minuten zu erfolgen.

Zum Putzen von Gußstücken, größeren wie kleinen, eignen sich diese beiden Gebläse vorzüglich und zwar läßt man dann den Sandstrahl mit Hilfe eines Verbindungsschlauches durch eine Freistrahldüse streichen. Vielfach ist es notwendig, das Gesicht des Arbeiters gegen den sich bildenden Staub mit einer Vorrichtung zu schützen, dem sog. Schutzhelm (Fig. 15). Dieser wird über den Kopf des Arbeiters gestülpt und erhält seine Luftzufuhr



Fig. 15.

von der Preßluftleitung. Um das Freistrahlgebläse bequem an verschiedenen Orten gebrauchen zu können, kann es auch mitsamt der Lufterzeugungsmaschine auf einen Wagen aufgestellt und so transportabel gemacht werden.

Will man dagegen den verwendeten Sand wieder gewinnen, so kann man obiges Gebläse in einem Putzhaus anbringen; hierauf werden wir später noch zurückkommen.

Eine ebenso sinnreiche wie einfache Verwendung der Druckluft zu Anstreichzwecken von größeren Flächen veranschaulicht Fig. 16. In einem abgeschlossenen zylindrischen Blechgefäß befindet sich ein zweites kleineres, der Farbkasten. Die Preßluft tritt von der einen Seite des äußeren Gehäuses, an dem ein Hahn angeschraubt ist, ein, streicht um den Farbkasten herum nach oben, dringt von oben in denselben ein und preßt die Flüssigkeit durch ein eingetauchtes Rohr nach oben in eine horizontale Austrittsdüse. In dieselbe Düse mündet eine vor dem Farbkessel abgezweigte Druckluftleitung, welche die Flüssigkeit zerstäubt und mitnimmt. Durch die Achse des Gehäuses geht eine vertikale Umrührstange.

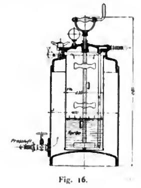
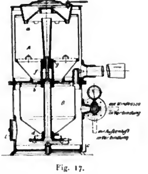


Fig. 16.

Ähnlich wie bei Saugsandstrahlgebläsen, hat man auch bei den Drucksandstrahlgebläsen Apparate konstruiert, die an ihrem oberen Teile eine Öffnung besitzen, auf welche die abdichtende Fläche des Arbeitsstücks gelegt wird (Fig. 17). Dies können flache Gußstücke, Ofenkacheln, Glastafeln, die zu mattieren sind, Grabsteine, denen man Inschriften durch Auflegung einer Schablone einblasen will und andere Gegenstände sein. Der verwendete Sand wird hier wiedergewonnen.

Die Einrichtung besteht aus einem umschließenden Blechgehäuse, innerhalb dessen zwei Blechgefäße, A und B, mit trichterförmigem Anschluß sich befinden. Der Abschluß beider Räume erfolgt durch die Bodenklappen b. Mittelst eines an das äußere Gehäuse angebrachten Hahnes, an dem die Preßluftleitung angeschlossen ist, kann man Preßluft ins Innere einströmen lassen. Diese setzt den im Sandraum B befindlichen Sand unter Druck, außerdem streicht sie um diesen Behälter herum und strömt durch ein vertikales in der Achse von B liegendes Rohr aufwärts. Der Sand rieselt infolge des Oberflächendruckes durch den


Fig. 17.

offenen Boden von B hindurch in einen darunter angebrachten Teller d. Durch geeignete Konstruktion kann dieser nicht überlaufen. Ein Schieber am Boden des Tellers kann den Sanddurchlaß durch die kleinen Öffnungen d und damit eine Verbindung mit dem in das vertikale Rohr einmündenden Luftstrom herstellen. Der Sandstrahl wird emporgerissen, durchstreift eine auswechselbare Düse f aus Hartguß, die durch g festgehalten wird, und prallt gegen das die Öffnung abschließende Werkstück. Der zurückgeschleuderte Sand fällt in den Behälter, von da durch die Öffnungen a in den oberen Raum A. Ist der Sand in B verbraucht und in A gesammelt, dann stellt man den Hahn um; dadurch wird der Raum B unter den Druck der Außenluft gesetzt. Der in A befindliche Sand öffnet daher infolge des Eigengewichtes die Klappen b und sammelt sich im Behälter B,

von dem aus er den beschriebenen Weg und Prozeß von neuem durchmacht. Der sich bildende Staub wird wieder von einem Luftexhaustor abgesaugt.

Zum Schutze des Arbeiters ist an der ersten Austrittsöffnung eine Verschlußklappe angebracht, mittelst der man von außen beim Auswechseln der Arbeitsstücken den Austritt des Sandstrahls ins Freie verhindert. Zur Kontrolle des Gebläses, sowie zur Ausbesserung etwaiger Schäden dient eine verschließbare Öffnung I.

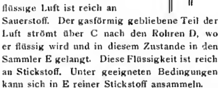
Die Drehtrommel und der Rotationstisch sind ähnlich wie bei Sauggebläsen konstruiert.



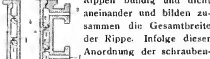
## Umschau auf dem Gebiete der Erfindungen.



**Zur Verflüssigung von Luft** in mehreren Teilen verschiedener Zusammensetzung dient der aus der französischen Patentschrift Nr. 352856 ersichtliche Apparat. Dieser besteht aus zwei Systemen von in flüssiger Luft oder flüssigen Sauerstoff angeordneten Rohren, deren erstes mit kalter komprimierter Luft beschickt wird, die sich darin teilweise verflüssigt. Der dabei gasförmig gebliebene Teil der Luft wird dann in dem zweiten Rohrsystem verflüssigt. Wie beistehende Abbildung zeigt, steht das erste Rohrsystem A unten mit einem Behälter (Sammler) B und oben mit dem Sammler C in Verbindung, von dem aus das Rohrsystem D nach dem Sammler E führt. Die durch die Rohre A strömende komprimierte Luft verflüssigt sich teilweise und die sich dabei ausscheidende Flüssigkeit fließt in den Sammler B. Die sich hier ansammelnde flüssige Luft ist reich an Sauerstoff. Der gasförmig gebliebene Teil der Luft strömt über C nach den Rohren D, wo er flüssig wird und in diesem Zustande in den Sammler E gelangt. Diese Flüssigkeit ist reich an Stickstoff. Unter geeigneten Bedingungen kann sich in E reiner Stickstoff ansammeln.



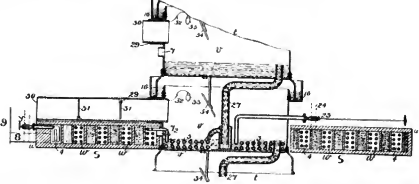
**Doppelwandige Kühl- und Verdampfzylinder für sehr hohe Drucke,** wie sie z. B. bei der Verflüssigung von Gasen oder der Trennung der verflüssigten Gase zur Anwendung gelangen und die die aus Folgendem ersichtliche Einrichtung zeigen, sind der Internationalen Nürnberglicht-Gesellschaft m. b. H. in Berlin durch das D. R.-P. Nr. 169331 geschützt und in untenstehender Figur abgebildet. Da der innerhalb des Zylinders bei den angedeuteten Verfahren herrschende hohe Druck eine besondere Festigkeit der Zylinderwandungen erforderlich macht, die bisher dabei verwendeten außerordentlich großen Wandstärken aber ein Hindernis für das schnelle und wirkungsvolle Hindurchleiten der Kälte oder Wärme des in dem Mantelraum befindlichen Fluidums bietet, so gestaltete die genannte Firma die (äußere) Wandung des inneren Zylinders verhältnismäßig dünn und legte zwecks Verstärkung dieser Wandung schraubenförmig geführte Rippen um die Letztere. Über diese Rippen wurde sodann der zweite Zylinder gezogen, dessen Innenwandung ebenfalls mit schraubenförmigen Rippen besetzt ist. Es liegen dann die Stirnwände der



Rippen bündig und dicht aneinander und bilden zusammen die Gesamtbreite der Rippe. Infolge dieser Anordnung der schraubenförmigen Rippen an der Innenwandung des äußeren Zylinders können die Rippen einen geringeren Durchmesser erhalten, als wenn man sie an der Außenwandung anbringt, wodurch aber bei Verwendung derselben Materialstärken die Widerstandsfähigkeit gegen inneren Druck steigt. In der Skizze ist mit a der Innenzylinder mit den Außenrippen b und mit d der Außenzylinder mit den Innenrippen c, mit e der Eintritts- und mit f der Austrittsstutzen für das Kühl- oder Heizmedium bezeichnet. Beide Zylinder können aufeinander geschrumpft, gepreßt oder geschliffen sein.

**Vorrichtung zur Trennung von Gasgemischen in ihre Bestandteile.** Raoul Pierre Pictet in Wilmersdorf bei Berlin. D. R.-P. No. 164382. Zur Trennung von Gasgemischen in ihre Bestandteile werden Vorrichtungen verwendet,

bei denen für die zu verflüssigende Gasmischung nur eine einzige ungeteilte, von oben nach unten gehende Schlange vorgesehen ist. Ereignet sich nun bei dieser Vorrichtung irgend eine Störung, beispielsweise eine Verstopfung der Schlange durch Eis, festgewordene Kohlensäure usw., so wird sie damit ganz unbrauchbar. Die vorliegende Erfindung beseitigt diesen Nachteil dadurch, daß mehrere untereinander unabhängige Schlangen angeordnet sind, deren jede mit je einem Regelventil für Eintritt und Austritt der Gase versehen ist, so daß, wenn eine Störung eintritt, eine dieser Schlangen einfach ausgeschaltet und alsdann ohne Aufenthalt mit Hilfe der übrigen weiter gearbeitet werden kann. Ferner kann mit Hilfe dieser regelbaren Teilschlangen die Wirkung einer bunden sind. Ein Teil der zugeführten Luft geht durch die Röhrengruppe w in jeder Abteilung u des Temperaturausgleichers s und so in die in dem entsprechenden Troge v des Verflüssigers t befindliche Schlange 3, wo dieser Teil verflüssigt wird, während die in dem Troge v befindliche flüssige Luft aus der in die Schlange 3 getriebenen Luft Wärme aufnimmt und so fraktioniert in Gas übergeführt wird. Das Gas geht durch die Öffnung 7 aus dem Troge v in den Kanal 4 der entsprechenden Abteilung u des Temperaturausgleichers s und bestreicht die Außenseite der Rohrgruppe w in der entgegengesetzten Richtung zu derjenigen, in welcher die Luft durch die Röhren w getrieben wird. Das Gas nimmt von den Röhren Wärme auf und geht schließlich durch Röhre 8 in den



Abteilung nach Belieben geregelt werden. So lassen sich beispielsweise bei der Gewinnung von Sauerstoff aus Luft beliebige Mengen von Sauerstoff, der in einem ganz bestimmten Verhältnis durch Stickstoff verdünnt ist, aus der Vorrichtung ziehen, was beispielsweise bei der Darstellung von Schwefelsäureanhydrid von Bedeutung ist. Ein Verflüssiger, wie er beispielsweise bei der vorliegenden Vorrichtung verwendet werden kann, besteht aus einer geeigneten Anzahl, z. B. 4 bis 20 oder mehr übereinandergestellter Einsätze oder Tröge v (s. Abb.). Mit Ausnahme der obersten und untersten Tröge, die in geeigneter Weise verschlossen sind, hat jeder Trog zweckmäßig in seinem oberen Teile einen Wasserverschluß 16. In jedem Troge befinden sich unten Schlangenrohre 3, die mit einer der in dem Temperaturausgleicher befindlichen Röhren oder Röhrengruppen verbunden sind.

Gassammler 9. Die durch die Schlangen w getriebene Luft gibt an das Gas, welches die Röhren w von außen bestreicht, Wärme ab, wird abgekühlt und verliert dann weitere Wärme an die flüssige Luft in den entsprechenden Trögen v. Dann wird es in den Schlangen 3 verflüssigt und geht in den Flüssigkeitssammler 24, der die verflüssigte Luft zu einem Filter führt, wo die in der flüssigen Luft enthaltene feste Kohlensäure abgesetzt wird. Von den Filtern geht die verflüssigte Luft in den obersten Trog v und dann, nachdem sie teilweise zu Gas verdampft ist, durch das am Boden des Troges v angeordnete Rohr 27 in den nächstfolgenden tiefer liegenden Trog v. Hier erfolgt eine weitere Vergasung und so fort, bis die zu dem untersten Troge v gelangende Flüssigkeit wesentlich aus reinem Sauerstoff besteht, da fast aller Stickstoff als flüchtigerer Bestandteil

entfernt worden ist. Die in den Schlangen 3 verflüssigte Luft geht durch die Filter in die Tröge der Verflüssiger t. Die Vorrichtung wirkt so lange, als die Luftverdichter in Tätigkeit sind, und sobald sie so viel Sauerstoff geliefert hat, daß der unterste Trog v so hoch mit flüssigem Sauerstoff gefüllt ist, daß ein im Trog angeordneter Schwimmer getragen wird, können die Schieber oder Ventile zur Regelung der Reinheit der zu den Gasbehältern aus dem Gassammler 9 geführten Gase entweder geöffnet oder geschlossen werden. In gleicher Weise werden durch eine Öffnung diejenigen Gasgemische, welche zum Aufsammeln ungeeignet sind, weil sie in ihrer Zusammensetzung der Luft nahe kommen, herausgelassen. Die Hähne y und 23 ermöglichen die Regelung des Betriebes der einzelnen Abteilungen u des Temperaturausgleichers s und der Tröge v des Verflüssigers t. Es können verschiedene der Abteilungen u und Tröge v für die Kühlung und Verflüssigung der Luft ausgeschaltet werden. Jeder Trog v besitzt eine Öffnung 29, um ein Rohr 30 aufzunehmen, nachdem die einzelnen Tröge v des Verflüssigers t und die einzelnen Abteilungen u des Temperaturausgleichers s in ihre Stellung gebracht worden sind. Das Rohr 30 hat zwei Fenster 31 aus Glas, Glimmer oder anderem durchsichtigen Material, die so angeordnet sind, daß unter dem einen Fenster und über dem anderen ein kleiner Raum vorhanden ist, durch welchen kaltes trockenes Gas aus dem Troge v entweichen kann, um die Fenster 31 von Reif frei zu halten. Eine an dem Rohre 30 befestigte Feder 32 trägt eine elektrische Lampe 33 in der Weise, daß, nachdem die Feder so gespannt ist, daß man das Rohr 30 beim Aufbau des Apparates einführen kann, die Lampe 33 so steht, daß in Verbindung mit einem Spiegel 34, der von dem oberen Troge v getragen wird oder der, falls es sich um den obersten Trog handelt, von dem Deckel getragen wird, eine Beobachtung durch das Rohr 30 zur Besichtigung des Stromes der flüssigen Luft aus einem Troge in den anderen möglich ist. Ebenso kann die Lebhaftigkeit der Verdampfung der verflüssigten Luft beobachtet und bestimmt werden, ob eine Regelung der Arbeitsweise der Vorrichtung notwendig ist.




**Die Frage der Federung bei Automobilen** ist von den Fabrikanten noch nicht gelöst worden, da die leichte biegsame Feder, die auf mittleren Straßen und bei geringen Geschwindigkeiten ein sehr angenehmes Fahren gestattet, auf schlechten Wegen und bei hohen Geschwindigkeiten so weit spielt, daß Stöße des Wagens gegen die Achse erfolgen und häufig ein Bruch der Federn eintritt.

Es ist nun vorgeschlagen worden, die Stöße bei Spielen der Federn durch einen Zylinder, in dem sich ein luftdicht schließender Kolben befindet, aufzufangen. Der Zylinder ist an der Achse, der Kolben am Wagengestell derart befestigt, daß Freiheit der Bewegung in allen Richtungen durch Universalgelenke gesichert ist. Der Zylinder enthält Öl genügend für 15000 km. Auf gewöhnlichen Straßen nun gestattet die im Zylinder eingeschlossene Luft ein freies Spiel der Federn und einen ruhigen Lauf des Wagens, während bei großen Geschwindigkeiten und schlechten Wegen das Luftkissen den Stoß aufnimmt und so die übermäßige Beanspruchung der Federn vermieden und ein sanftes Nicken des Wagens erzielt wird. Die Abnutzung des Mechanismus ist eine ganz geringe, die Annehmlichkeit für die Fahrenden eine sehr große.

Die folgende Note hat der Reihe nach in einer Anzahl Zeitungen die Runde gemacht:

Ein bemerkenswerter Fortschritt ist in unserem Fachgebiet in Deutschland gemacht worden. Es ist die systematische Anstrengung zur Überflügelung Amerikas zu bemerken, und zwar dadurch, daß neue Verbesserungen angewendet und die Produktionskosten auf ein Minimum heruntergedrückt werden. Eine wohlbekannte Frankfurter Firma, deren Fabrikate bei Krupp und anderen Firmen in Verwendung sind, und die den Vorzug der Einfachheit, Dauerhaftigkeit und Billigkeit für ihre Erzeugnisse beansprucht, hat die Absicht, in Amerika eine Zweigfabrik zu errichten. (Compr. Air.)

Verlag von Carl Steinert in Weimar. — Druck von R. Wagner Sohn in Weimar.

# Bezugsquellen-Nachweis.

**Flaschen-Ventile.**

Aktien-Ges. für Kohlensäure-Industrie, Berlin.
Sürther Maschinenfabrik, vorm. H. Hammerschmidt, Sürth bei Köln a. Rh.
The Scotch and Irish Oxygen Co., Ld., Rosehill Works, Polmadie, Glasgow.

**Gas-Verflüssigungs-Pumpen:**

Sürther Maschinenfabrik, vorm. H. Hammerschmidt, Sürth bei Köln a. Rh.

**Kälteerzeugungs-Anlagen:**

C. Oetling, Strehla a. E.

**Kompressoren:**

A. Borsig, Tegel.
C. Oetling, Strehla a. E.
G. A. Schütz, Wurzen.

**Luft, flüssige.**

Pictet-Sauerstoff-Ges. m. b. H. Berlin-Wilmersdorf.

**Mammut-Pumpen:**

A. Borsig, Tegel.

**Pressluft-Gesamtanlagen:**

C. Oetling, Strehla a. E.

**Sauerstoff.**

Pictet-Sauerstoff-Gesellschaft m. b. H. Berlin-Wilmersdorf.
Sauerstoff- und Wasserstoff-Werk Luzern.
Vereinigte Sauerstoff-Werke, G. m. b. H. Berlin N.

**Thermometer.**

W. Niehls, Berlin, Friedrichstr. 244. Hochgrad-Quecksilberthermometer $+575^{0}$ C.

**Wasserstoff:**

Sauerstoff- und Wasserstoff-Werk Luzern.

---



## *Arbor-Ventile*

**aus Deltametall oder Stahl. D. R. P. No. 62848**
mit Vierkant oder Handrad
für **hochgespannte Gase** wie
Kohlensäure, Ammoniak, Chlor, schwefl. Säure, Stickoxydul, Acetylen, Sauerstoff, Wasserstoff.
**Seit 10 Jahren unübertroffen. ca. 500 000 Stück im Betriebe.**

**Aktien-Gesellschaft für Kohlensäure-Industrie**
**Berlin NW.**, Schiffbauerdamm 21.

---

Kälte- und hitzebeständige Schläuche
sind allein die **Détert'schen**

## DURIT-Schläuche.

Prospekte bei
**Rudolf Détert,**
Berlin NW.,
Karlstr. 9.

---

## A. Borsig, Berlin-Tegel

**Borsigwerk, Oberschlesien:**
**Eigene Gruben und Hüttenwerke)**
Gegründet 1837. 11 500 Arbeiter.

## Luftkompressoren

Vakuumpumpen und Gebläsemaschinen **mit masselosen Plattenventilen** D. R. P. u. a.
**Kompl. Entstäubungsanlagen eigenen patentierten Systems.**
**Mammut-Pumpen D. R.-P.** betrieben durch Druckluft ohne bewegl. Teile.

---

# Flüssige Luft

in Flaschen von 2, 3 und 5 Liter Inhalt
**für wissenschaftliche, technische und industrielle Zwecke**
liefert in beliebigen Mengen die

## Pictet-Sauerstoff-Gesellschaft m. b. H.

Hildegardstraße 36 **Berlin-Wilmersdorf** Hildegardstraße 36
**Telegramm-Adresse: Temperatur Berlin. Telephon: Amt Wl. 1208**



Fünfstufiger Gaskompressor





